

DEVICE, SYSTEM, AND METHOD FOR IMAGE PROCESSING, AND STORAGE MEDIUM

Publication number: JP2001243464

Publication date: 2001-09-07

Inventor: INOUE HITOSHI

Applicant: CANON KK

Classification:

- international: A61B6/00; G06T1/00; G06T5/00; G06T5/40; H04N1/407; A61B6/00; G06T1/00; G06T5/00; G06T5/40; H04N1/407; (IPC1-7): G06T5/00; G06T1/00; H04N1/407; H04N5/325

- European: G06T5/40

Application number: JP20000053118 20000229

Priority number(s): JP20000053118 20000229

Also published as:



US6819794 (B2)

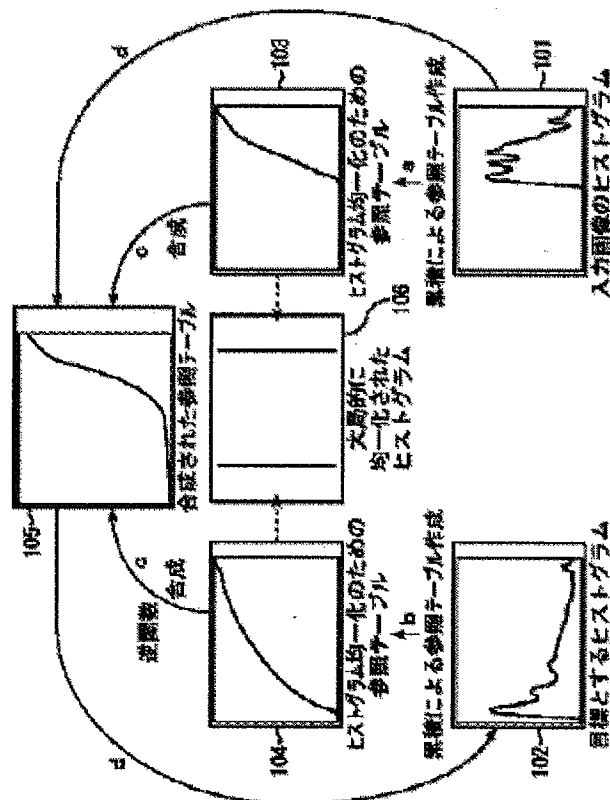
US2001021269 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2001243464

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processor which can easily and efficiently actualize stable gradation conversion.

SOLUTION: A first means 215 obtains gradation conversion characteristics for leveling the histogram of an input image. A second means 221 obtains the reverse characteristics of the gradation conversion characteristics for leveling the histogram of the image after the specific gradation conversion. A third means 216 synthesizes the gradation conversion characteristics obtained by the 1st means 215 and the reverse characteristics obtained by the 2nd means 221. A fourth means 222 fits the composite characteristics obtained by the third means 216 with a function of lower order. According to the composite characteristics obtained by the fourth means 222, the gradations of the input image are converted.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-243464
(P2001-243464A)

(43) 公開日 平成13年9月7日(2001.9.7)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード*(参考)
G 0 6 T 5/00		G 0 6 F 15/68	3 1 0 J 4 C 0 9 3
H 0 4 N 5/325		A 6 1 B 6/00	3 5 0 M 5 B 0 5 7
G 0 6 T 1/00		G 0 6 F 15/62	3 9 0 A 5 C 0 7 7
H 0 4 N 1/407		H 0 4 N 1/40	1 0 1 E

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-53118(P2000-53118)

(22) 出願日 平成12年2月29日(2000.2.29)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 井上 仁司

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100090273

弁理士 國分 孝悦

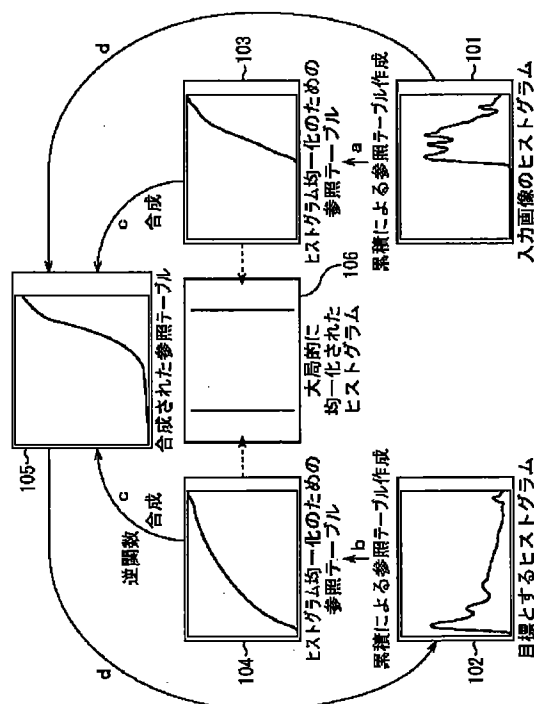
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置、画像処理システム、画像処理方法、及び記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 安定した階調変換を容易に且つ効率的に実現する画像処理装置を提供する。

【解決手段】 第1の手段215は、入力画像のヒストグラムを均一化するための階調変換特性取得する。第2の手段221は、所定の階調変換が施された画像のヒストグラムを均一化するための階調変換特性の逆特性を取得する。第3の手段216は、第1の手段215により得られた階調変換特性と、第2の手段221により得られた逆特性とを合成する。第4の手段222は、第3の手段216により得られた合成特性を、低次の関数でフィッティングする。第4の手段222での処理後の合成特性に基づき、入力画像の階調を変換する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像に対して階調変換処理を施す画像処理装置であって、

上記入力画像のヒストグラムを、所定の階調変換が施された画像のヒストグラムに近似させる階調変換関数を取得する取得手段と、

上記取得手段により得られた階調変換関数に基づいて、上記入力画像に対する階調変換処理を行う処理手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 上記取得手段は、

上記入力画像のヒストグラムを均一化するための階調変換特性を取得する第1の手段と、

上記所定の階調変換が施された画像のヒストグラムを均一化するための階調変換特性の逆特性を取得する第2の手段と、

上記第1の手段により得られた階調変換特性と、上記第2の手段により得られた逆特性とを合成する第3の手段と、

上記第3の手段により得られた合成特性を、低次の関数でフィッティングする第4の手段とを含むことを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項3】 上記第4の手段は、予め規定された濃度変換点を固定した拘束条件を持って、上記フィッティングを行うことを特徴とする請求項2記載の画像処理装置。

【請求項4】 上記予め規定された濃度変換点のデータを、入力画像中から抽出する第5の手段を備えることを特徴とする請求項3記載の画像処理装置。

【請求項5】 複数の上記所定の階調変換が施された画像を記憶する記憶手段を備え、

上記取得手段は、上記入力画像のヒストグラムを、上記記憶手段内の複数の画像のうちの任意の画像のヒストグラムに近似させる階調変換関数を取得することを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項6】 上記取得手段にて用いる上記任意の画像を外部指示するための第1の操作手段を備えることを特徴とする請求項5記載の画像処理装置。

【請求項7】 上記所定の階調変換を外部変更するための第2の操作手段を備えることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項8】 上記入力画像は、放射線撮影により得られた画像を含むことを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項9】 上記所定の階調変換が施された画像として、放射線撮影での被写体の各撮影部位に対応した複数の画像を用いることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項10】 複数の機器が互いに通信可能に接続されてなる画像処理システムであって、

上記複数の機器のうち少なくとも1つの機器は、請求項

1～10の何れかに記載の画像処理装置の機能を有することを特徴とする画像処理システム。

【請求項11】 入力画像に対して階調変換処理を施すための画像処理方法であって、

別途用意された目標となる階調変換が施された画像を用いて、上記入力画像のヒストグラムが、当該目標となる階調変換が施された画像のヒストグラムに近似するような階調変換特性を取得する第1のステップと、

上記第1のステップにより得られた階調変換特性に基づき、上記入力画像の階調を変換する第2のステップとを含むことを特徴とする画像処理方法。

【請求項12】 上記入力画像は、放射線画像を含むことを特徴とする請求項12記載の画像処理方法。

【請求項13】 上記第1のステップは、上記入力画像のヒストグラムを平坦化するための階調変換特性と、上記目標となる階調変換が施された画像のヒストグラムを平坦化するための階調変換特性の逆特性とを合成した階調変換特性を、低次の関数でフィッティングした階調変換特性を取得するステップを含むことを特徴とする請求項12記載の画像処理方法。

【請求項14】 上記第1のステップは、上記フィッティングの際に、予め規定された濃度変換点を固定した拘束条件を持つことを特徴とする請求項14記載の画像処理方法。

【請求項15】 上記第1のステップは、上記予め規定された濃度変換点のデータを、入力画像中から抽出するステップを含むことを特徴とする請求項15記載の画像処理方法。

【請求項16】 上記目標となる階調変換が施された画像を、被写体における複数の撮影部位毎に複数用意することを特徴とする請求項12記載の画像処理方法。

【請求項17】 上記目標となる階調変換は、操作者が自在に変更可能であることを特徴とする請求項12記載の画像処理方法。

【請求項18】 請求項1～10の何れかに記載の画像処理装置の機能、又は請求項11記載の画像処理システムの機能を実施するための処理プログラムを、コンピュータが読出可能に格納したことを特徴とする記憶媒体。

【請求項19】 請求項12～18の何れかに記載の画像処理方法の処理ステップを、コンピュータが読出可能に格納したことを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、医用デジタルX線画像を取得する装置或いはシステムに用いられる、画像処理装置、画像処理システム、画像処理方法、及びそれを実施するための処理ステップをコンピュータが読出可能に格納した記憶媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年における画像のデジタル化に伴って、例えば、医用X線画像についてもデジタル化が進み、X線強度の空間分布をデジタル画像（デジタルX線画像）として取得することが可能になっている。

【0003】X線デジタル画像の取得方法としては、X線エネルギーによって輝尽性蛍光体に対して潜像を形成し、レーザによる励起光分布によってX線デジタル画像を取得する方法や、X線強度の空間分布を光強度分布（蛍光）へ変換し、複数の画素を有する面センサによって直接電気信号に変換した後、X線デジタル画像へ変換する方法、或いは、X線強度の空間分布を直接電荷の分布へ変換して、X線デジタル画像を取得する方法等がある。

【0004】X線デジタル画像を取得すること（X線画像をデジタル化すること）の利点としては、

- ・画像データの保存や転送の効率化。
 - ・デジタル画像処理によって最適な画像が容易に作り出せる。これにより、撮影時の失敗を容易に回復することができる。
 - ・医用画像診断の効率化。
 - ・医用画像診断の低コスト化。
- 等の様々な利点が挙げられる。

【0005】特に、デジタル画像処理によって最適な画像が容易に作りだせる、という利点は、医用画像診断という面でX線デジタル画像を用いる最大の利点であり、このデジタル画像処理がなくては、X線デジタル画像による診断は考えられない。

【0006】具体的には、まず、従来からの、フィルム上へアナログ的にX線画像を出力する方法では、X線強度に対するフィルムの感光濃度特性の敏感な部分（ガンマの高い部分）を利用して、鮮明でコントラストの高い画像を作り出すようになされていた。しかしながら、このためのコントロールは主にX線撮影時の条件設定によって行われ、このときの撮影条件の許容範囲が狭かった。

【0007】例えば、図8は、横軸をX線量、縦軸をフィルム濃度として、対数的に表した入射X線量強度分布と、その時に感光し現像されるフィルム濃度との関係“C”を示したものである。

【0008】そこで、上記図8において、“A”で示すような最適なX線量強度分布が得られた場合、“B”で示すような観察者（医師等）に見やすいような濃度分布を有する最適な画像が得られるが、例えば、不適切なX線質（管球電圧が高い→短波長（硬線）→人体吸収が少なくなる等）で撮影すると、X線量強度分布のダイナミックレンジが、“D”で示すように狭まり、適切な階調の画像が得られない。このような現象は、被写体である人体の厚みが薄い場合でも起こりうる。また、“E”で示すように、X線質は適切であっても、被曝線量が多すぎる場合、X線量強度分布全体がシフトし、やはりこの

場合も適切な濃度分布を有する画像は得られない。

【0009】これに対してX線デジタル画像では、図9に示すような各種のX線量強度分布が一旦デジタル値として得られる。そして、上記図2の“C1”～“C3”で示されるような、X線量強度分布に応じた各種の階調変換特性（参照テーブル）により、同図“B”で示されるような最適な階調特性（ハードコピーを行えばフィルム上の濃度特性）を有する画像が得られ、上述した撮影条件の許容範囲がかなり広がる。

10 【0010】図7は、上述のような利点を有するX線デジタル画像を取得するX線撮影装置800の構成を示したものである。

20 【0011】X線撮影装置800において、テーブル上に横たわる人体802を被写体としてX撮影する場合、X線センサパネル803は、人体802を透過してきたX線管球801からのX線量の強度分布を電荷分布に変換して順次出力する。アナログ／デジタル変換器805は、X線センサパネル803の出力をデジタル化して、そのデジタル画像データ（X線デジタル画像データ）をメモリ806へ一旦記憶させる。このとき、コントローラ804は、X線管球801でのX線の曝射、及び画像取得のタイミングを制御する。

【0012】ここで、X線センサパネル803には、画素毎にオフセット及びゲインのばらつきがある。このばらつきを補正するために、メモリ808には、X線管球801によりX線を曝射しないで取得した画像であるオフセット値が記憶されている。また、メモリ809には、被写体（人体802）がない状態で取得された画像であるゲイン値を対数変換したものが記憶されている。

30 【0013】変換部807は、対数変換を行うものであり、具体的には参照テーブル（ルックアップテーブル）である。

【0014】したがって、メモリ806へ一旦記憶されたX線デジタル画像データは、減算器811によってメモリ808内のオフセットが減算された後、変換部807によって対数変換され、減算器812によってメモリ809のゲインとの差分（割り算）が取られることで、X線の強度分布画像となる。このX線の強度分布画像は、メモリ810へ一旦記憶される。その後、メモリ810へ記憶された画像データは、画像の保存、画像処理、画像表示、ハードコピー等のために読み出され、医用画像診断等に用いられる。

【0015】このとき、メモリ810から読み出された画像データに対して、例えば、上記図9に示したような階調変換特性に従った階調変換処理が施されるが、この階調変換処理では、当該画像データ（対象画像）の取得時の状態に応じて、次のようにして階調変換特性が決定される。

（1）対象画像中の指定する任意の部位（複数或いは単数）の濃度値（出力画素値）が目標とする値となるよう

に階調変換特性を決定する。

(2) 対象画像のヒストグラムを解析し、当該ヒストグラムの特徴点を抽出し、その特徴点が目標とする値となるように階調変換特性を決定する。

このような方法(1)及び(2)では、階調変換特性関数を少ない数のパラメータを有する関数で表し、自由度を減じた上で、目標とする値に最も近づく特性となるように当該パラメータが決定されるようになされている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような(1)或いは(2)等の従来の方法は、対象画像そのものの解析、或いは対象画像のヒストグラムの解析等、複雑な演算が介入し、解析及び計算処理等に多くの時間を要し、また、対象画像によっては、解析ミスが発生することもあり、階調変換処理の不安定性があった。

【0017】また、例えば、上記図10に示したようなX線撮影装置(医用X線撮影装置)では、効率的に撮影及び画像処理を行うための撮影メニューが存在し、ユーザは、撮影前に予め、これから撮影しようとする被写体の部位(人体部位)に相当する項目を撮影メニューの中から選択するようになされているが、その撮影メニューには、それぞれ部位固有の階調変換処理のための設定項目(階調変換処理に用いるパラメータの設定)があり、事前にユーザは、観察者の好み若しくは良好な観察条件に適合するように、階調変換処理のパラメータを設定する必要がある。しかしながら、この設定作業は、部位によって様々な条件があることにより、非常に煩雑な作業であった。

【0018】そこで、本発明は、上記の欠点を除去するために成されたもので、安定した階調変換を容易に且つ効率的に実現する、画像処理装置、画像処理システム、画像処理方法、及びそれを実施するための処理ステップをコンピュータが読出可能に格納した記憶媒体を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】斯かる目的下において、第1の発明は、入力画像に対して階調変換処理を施す画像処理装置であって、上記入力画像のヒストグラムを、所定の階調変換が施された画像のヒストグラムに近似させる階調変換関数を取得する取得手段と、上記取得手段により得られた階調変換関数に基づいて、上記入力画像に対する階調変換処理を行う処理手段とを備えることを特徴とする。

【0020】第2の発明は、上記第1の発明において、上記取得手段は、上記入力画像のヒストグラムを均一化するための階調変換特性を取得する第1の手段と、上記所定の階調変換が施された画像のヒストグラムを均一化するための階調変換特性の逆特性を取得する第2の手段と、上記第1の手段により得られた階調変換特性と、上

記第2の手段により得られた逆特性とを合成する第3の手段と、上記第3の手段により得られた合成特性を、低次の関数でフィッティングする第4の手段とを含むことを特徴とする。

【0021】第3の発明は、上記第2の発明において、上記第4の手段は、予め規定された濃度変換点を固定した拘束条件を持って、上記フィッティングを行うことを特徴とする。

【0022】第4の発明は、上記第3の発明において、上記予め規定された濃度変換点のデータを、入力画像中から抽出する第5の手段を備えることを特徴とする。

【0023】第5の発明は、上記第1の発明において、複数の上記所定の階調変換が施された画像を記憶する記憶手段を備え、上記取得手段は、上記入力画像のヒストグラムを、上記記憶手段内の複数の画像のうちの任意の画像のヒストグラムに近似させる階調変換関数を取得することを特徴とする。

【0024】第6の発明は、上記第5の発明において、上記取得手段にて用いる上記任意の画像を外部指示するための第1の操作手段を備えることを特徴とする。

【0025】第7の発明は、上記第1の発明において、上記所定の階調変換を外部変更するための第2の操作手段を備えることを特徴とする。

【0026】第8の発明は、上記第1の発明において、上記入力画像は、放射線撮影により得られた画像を含むことを特徴とする。

【0027】第10の発明は、上記第1の発明において、上記所定の階調変換が施された画像として、放射線撮影での被写体の各撮影部位に対応した複数の画像を用いることを特徴とする。

【0028】第11の発明は、複数の機器が互いに通信可能に接続されてなる画像処理システムであって、上記複数の機器のうち少なくとも1つの機器は、請求項1～10の何れかに記載の画像処理装置の機能を有することを特徴とする。

【0029】第12の発明は、入力画像に対して階調変換処理を施すための画像処理方法であって、別途用意された目標となる階調変換が施された画像を用いて、上記入力画像のヒストグラムが、当該目標となる階調変換が施された画像のヒストグラムに近似するような階調変換特性を取得する第1のステップと、上記第1のステップにより得られた階調変換特性に基づき、上記入力画像の階調を変換する第2のステップとを含むことを特徴とする。

【0030】第13の発明は、上記第12の発明において、上記入力画像は、放射線画像を含むことを特徴とする。

【0031】第14の発明は、上記第12の発明において、上記第1のステップは、上記入力画像のヒストグラムを平坦化するための階調変換特性と、上記目標となる

階調変換が施された画像のヒストグラムを平坦化するための階調変換特性の逆特性とを合成した階調変換特性を、低次の関数でフィッティングした階調変換特性を取得するステップを含むことを特徴とする。

【0032】第15の発明は、上記第14の発明において、上記第1のステップは、上記フィッティングの際に、予め規定された濃度変換点を固定した拘束条件を持つことを特徴とする。

【0033】第16の発明は、上記第15の発明において、上記第1のステップは、上記予め規定された濃度変換点のデータを、入力画像中から抽出するステップを含むことを特徴とする。

【0034】第17の発明は、上記第12の発明において、上記目標となる階調変換が施された画像を、被写体における複数の撮影部位毎に複数用意することを特徴とする。

【0035】第18の発明は、上記第12の発明において、上記目標となる階調変換は、操作者が自在に変更可能であることを特徴とする。

【0036】第19の発明は、請求項1～10の何れかに記載の画像処理装置の機能、又は請求項11記載の画像処理システムの機能を実施するための処理プログラムを、コンピュータが読出可能に格納した記憶媒体であることを特徴とする。

【0037】第20の発明は、請求項12～18の何れかに記載の画像処理方法の処理ステップを、コンピュータが読出可能に格納した記憶媒体であることを特徴とする*

$$L(x) = x_{\min} + \left(\sum_{i=x_{\min}}^x H(i) \right) / \sum_{i=x_{\min}}^{x_{\max}} H(i) \times (x_{\max} - x_{\min}) \cdots (1)$$

【0044】なる式(1)で表される。

【0045】ヒストグラム101が得られる入力画像を、階調変換テーブル103によって階調変換すると、大局的には均一化されたヒストグラム106を有する画像が得られる。

【0046】一方、“102”は、X線撮影によって取得された被写体の特定の部位（入力画像での部位と同じ部位）の理想的な状態の画像（以下、「目標画像」と言う）のX線量（画素値）のヒストグラム（目標とするヒストグラム）を示し、このヒストグラム102に関しても、上記式(1)式を用いることで、ヒストグラム均一化の階調変換テーブル104が作成され、大局的には均一化されたヒストグラム106を有する画像が得られる。

【0047】上記のことは、目標画像のヒストグラム102からヒストグラム106を得るための階調変換テーブル104の逆特性（逆関数）を有する変換テーブルを作成すれば、均一化されたヒストグラムを持つ画像を、理想的なヒストグラム102を有する画像に変換できることを意味する。

【0048】すなわち、ヒストグラム101が得られる

＊る。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。

【0039】（第1の実施の形態）まず、対象画像に対して階調変換処理を施す際に用いる階調変換特性を任意の形状に変化させる方法としては、特開平11-96352号等に記載されたヒストグラム均一化を利用した方法がある。この方法の概要について、図1を用いて説明する。

【0040】上記図1において、“101”は、X線撮影によって取得された被写体（ここでは、人体）の特定の部位の画像（入力画像）のX線量（画素値）のヒストグラムを示し、“103”は、ヒストグラム101を均一化する階調変換を行うための階調変換テーブルを示したものである。

【0041】階調変換テーブル103は、ヒストグラム均一化（Histogram Equalization）と呼ばれる技術によって、ヒストグラム101を累積して作成される。

【0042】したがって、階調変換テーブル103は、入力画像の画素値を“x”（ $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ ）、ヒストグラム101を“H(x)”，階調変換テーブルを“L(x)”として、

【0043】

【数1】

30 入力画像を、ヒストグラム102が得られる目標画像（理想的な状態の画像）に変換するには、

(a) ヒストグラム101を均一化する階調変換テーブルH1(x)を作成する。

(b) ヒストグラム102を均一化する階調変換テーブルH2(x)を作成し、その逆関数H2⁻¹(x)を作成する。

(c) 階調変換テーブルH1(x)と、階調変換テーブルH2(x)の逆関数H2⁻¹(x)とを合成した合成変換テーブルH0(x)=H1(H2⁻¹(x))を作成する。

(d) 合成変換テーブルH0(x)によって、ヒストグラム101が得られる入力画像の階調を変換する。という処理(a)～(d)を実行すればよい。

【0049】ここで、注目すべき点は、処理(a)～(d)では、ヒストグラムしか使用しておらず、ヒストグラムの形状を解析する等の特殊な演算処理は含まれていないことにある。そして、大局的にみれば、ヒストグラムは目標とするものに完全に一致する。

【0050】しかしながら、画像を良好に観察したいという最終目標と、ヒストグラムを最適なものと完全に一

致させることは別の話である。

【0051】具体的には、医用X線撮影の場合、被写体である人体の特定の部位を、特定の方向から撮影するため、個人差は多少あるが、それにより得られる撮影画像のヒストグラム形状は概して似てくる。それゆえに、上記図1で示したヒストグラム102（理想的な状態の目標画像から得られるヒストグラム）、すなわち部位に依存した最適なヒストグラム（医師が見慣れたヒストグラム、もしくは最も人体構造を明確に示すヒストグラム）が存在し、このヒストグラム102に対して、第1の画像（入力画像）のヒストグラムを一致させることに多少の意義はある。しかしながら、ヒストグラムの形状がある程度似ているということであっても、被写体である個人差を無視することはできず、入力画像のヒストグラムを、単に、理想とするヒストグラム102に完全に一致させることは無意味である。

【0052】すなわち、上記図1において、階調変換テーブル105は、入力画像のヒストグラム101を、理想的なヒストグラム102に対して無理矢理完全に一致させるものであり、これは理想的な処理であるとは言えない。

【0053】理想的には、従来から用いられていたような、滑らかに変化する自由度の低い関数で構成された階調変換テーブルによって、入力画像のヒストグラム101を、理想的なヒストグラム102に対して最も近づくような変換すべきである。

【0054】すなわち、上記処理(c)により作成された階調変換テーブルH0(x)（上記図1に示す参照テーブル105）に対して、最も良好な状態で階調変換テーブルH0(x)を近似する自由度の低い関数のパラメータを決定することにより、理想的に近い階調変換が行える。

【0055】自由度の低い関数としては、例えば、シグモイド関数、或いはその合成等が挙げられ、このシグモイド関数、或いはその合成により入出力関数を規定するものとしては、ニューラルネットワークが代表として挙げられる。例えば、特開平05-168615号等には、ニューラルネットワークを用いて、入力画像のヒストグラムを理想的な形状に変換する階調変換の方法が記載されている。

【0056】そこで、以上説明したような従来からの技術に対して、本実施の形態では、ニューラルネットワークに特有な学習（バックプロパゲーションエラー）等の複雑な繰り返し演算を行うことなく、理想的な階調変換関数を取得する。

【0057】すなわち、本実施の形態での階調変換処理方法は、次のような処理①～⑦の流れにより実施される。

①理想とするヒストグラムの形状を設定する。ここでのヒストグラムとしては、1つ若しくは複数の画像を会話

的に階調変換しながら、観察者にとって最も観察しやすい画像を見出し、そのヒストグラムを用いるようにしてもよい。

②入力画像のヒストグラムを作成する。

③入力画像のヒストグラムを均一化する階調変換テーブルH1(x)を作成する。

④理想とするヒストグラムを均一化する階調変換テーブルの逆関数H2⁻¹(x)を作成する。

⑤階調変換テーブルH1(x)と、逆関数H2⁻¹(x)とを合成した合成変換テーブルH0(x)=H1(H2⁻¹(x))を作成する。

⑥合成変換テーブルH0(x)を最も良好に近似するシグモイド関数を作成する。ここでのシグモイド関数は限定されない。

⑦処理⑥で求められたシグモイド関数を階調変換テーブルとして、入力画像の階調変換を行う。

【0058】また、本実施の形態での階調変換処理方法は、X線デジタル画像を取得するX線撮影装置或いはシステムの操作上に利点を有する。

【0059】具体的には、まず、従来のX線撮影装置或いはシステムでは、診療や診断に必要な人体部位毎に、撮影条件や画像処理の方法、或いはその条件が異なるため、ユーザは、部位毎の固有の画像処理（階調変換処理等）を行うために、部位毎に、撮影メニューから対象部位を選択し、対象部位に対する画像処理のパラメータ

（例えば、自動認識された対象部位の変換濃度や、自動認識されたヒストグラムピーク等の変換濃度の数値）を設定する必要があった。

【0060】しかしながら、ユーザが設定可能な画像処理のパラメータには限りがあり、この可能な範囲内のパラメータの設定によってユーザが所望する状態の画像が得られればよいが、実際にはユーザは、画像全体として整った階調であるか等、少数のパラメータもしくは言葉では言い表せないような雰囲気有する画像を所望することが多い。

【0061】そこで、本実施の形態では、ユーザが、撮影メニューから任意の部位を選択すると、画像処理（階調変換処理等）のパラメータではなく、選択部位の代表的な画像について、当該画像若しくはそのヒストグラムそのものを画像処理の目標として設定できるようにする。ここでの代表的な画像（目標画像）は、事前にユーザが会話的に（階調変換テーブルを動かしながら）作成したものである。したがって、ユーザは、画像処理のパラメータを設定するのではなく、理想的な画像そのもの或いはそのヒストグラムを設定すればよい。

【0062】（第2の実施の形態）本発明は、例えば、図2に示すようなX線撮影装置200に適用される。このX線撮影装置200は、第1の実施の形態での画像処理方法（階調変換処理方法）を実施する装置である。

【0063】＜X線撮影装置200の構成＞X線撮影装

置200は、上記図2に示すように、X線を被写体（人体）202に対して出力するX線管球201と、被写体202を透過したX線のX線量強度分布を電荷分布に変換して順次出力するX線センサパネル203と、X線センサパネル203の出力をデジタル化してX線デジタル画像データとして出力するアナログ／デジタル変換器205と、X線管球201でのX線の曝射及びX線デジタル画像データの取得のタイミング等を制御するコントローラ204と、アナログ／デジタル変換器205から出力されるX線デジタル画像データを記憶するメモリ206と、X線を曝射しないで取得した画像であるオフセット値を記憶するメモリ208と、被写体202がない状態で取得した画像であるゲイン値を対数変換した値を記憶するメモリ209と、メモリ206内のデータとメモリ208内のデータの減算処理を行う減算器231と、減算器231での処理結果を対数変換する変換器207と、変換器207での変換結果とメモリ209内のデータの減算処理（割り算）を行う減算器232と、減算器232での処理結果（X線の強度分布画像データ）を記憶するメモリ210と、メモリ210内の画像データに対して前処理を施す前処理部211と、前処理部211での前処理後の画像データのヒストグラムを生成するヒストグラム生成部214と、ヒストグラム生成部214にて生成されたヒストグラムに基づきヒストグラム均一化テーブル（階調変換テーブル）を生成するテーブル生成部215と、目標画像データを記憶するメモリ217と、目標階調変換テーブルを記憶するメモリ218と、メモリ218内の目標階調変換テーブルにより階調変換されたメモリ217内の目標画像データのヒストグラムを生成するヒストグラム生成部219と、ヒストグラム生成部219にて生成されたヒストグラムに基づきヒストグラム均一化テーブル（階調変換テーブル）を生成するテーブル生成部220と、テーブル生成部220にて生成されたヒストグラム均一化テーブルの逆関数を発生する逆関数発生部221と、テーブル生成部215にて生成されたヒストグラム均一化テーブルと逆関数発生部221にて発生された逆関数のテーブルを合成する合成部216と、合成部216にて得られた合成変換テーブルを低次の関数でフィッティングするフィッティング部222と、フィッティング部222での処理後の合成変換テーブルを記憶するメモリ212と、メモリ212内の合成変換テーブルにより階調変換された前処理部211の出力に対して他の画像処理を施す画像処理部213とを備えている。

【0064】また、X線撮影装置200は、例えば、図3に示すような操作パネル及び表示機能を備えている。

【0065】上記図3において、“303”は、X線撮影装置200本体に設けられ、ユーザから操作される操作パネルである。“302（1）、302（2）、…、302（8）”は、操作パネル303上に設けられた複

数のボタンであり、これらのボタン302（1）、302（2）、…、302（8）は、撮影メニューとしての被写体202の各種撮影部位（人体の部位1、部位2、…）に対応して設けられている。“304”は、階調処理条件を変更或いは確認を指示するためのボタンである。

【0066】“301（1）、301（2）、…、301（8）”は、操作パネル303上の複数のボタン302（1）、302（2）、…、302（8）に対応した複数のメモリであり、これらのメモリ301（1）、301（2）、…、301（8）は、X線撮影装置200内に設けられている。そして、メモリ301（1）、301（2）、…、301（8）のそれぞれには、対象部位の階調処理の目標とする画像（オリジナル画像）、及びその理想的な階調変換テーブルがファイリングされている。例えば、ボタン302（1）に対応するメモリ301（1）には、部位1の階調処理の目標とする画像、及びその理想的な階調変換テーブルがファイリングされている。尚、メモリ301（1）、301（2）、…、301（8）のそれぞれに記憶されるオリジナル画像及び階調変換テーブルとしては、その数に限られることはなく、1つ或いは複数のオリジナル画像及び階調変換テーブルを収めることが可能である。

【0067】“310”は、X線撮影装置200本体に設けられた表示部であり、この表示部310には、オリジナル画像305、階調変換テーブル306、ヒストグラム307、及び階調変換後画像308が表示されるようになされている。

【0068】＜X線撮影装置200の全体動作：上記図1参照＞先ず、コントローラ204からの制御により、X線管球201から発生したX線は、被写体202を透過して、X線センサパネル203上へ到達する。X線センサパネル203は、X線の強度分布を電荷分布へ変換して順次出力する。アナログ／デジタル変換器205は、コントローラ204からの制御に従って、X線センサパネル203の出力をデジタル化し、X線デジタル画像データを出力する。このX線デジタル画像データが、現在撮影が行われている被写体202の任意の部位のX線デジタル画像データである。

【0069】アナログ／デジタル変換器205から出力されたX線デジタル画像データ（以下、「入力画像データ」と言う）は、メモリ206へ一旦記憶される。

【0070】ここで、X線センサパネル203には、画素毎にオフセット及びゲインのばらつきがある。そこで、このばらつきを補正するために、先ず、減算器231は、メモリ231内の入力画像データから、メモリ208内のオフセット値（X線を曝射しないで取得した画像データ）を減算する。変換器207は、具体的には参照テーブル（ルックアップテーブル）であり、減算器231での減算処理後の入力画像データを対数変換する。

減算器232は、変換器207での対数変換後の入力画像データと、メモリ209内のゲイン値（被写体202がない状態で取得された画像データを対数変換した値）との差分をとる（割り算）。減算器232での減算処理後の入力画像データ（X線の強度分布画像データ）は、メモリ210へ一旦記憶される。

【0071】前処理部211は、メモリ210内の入力画像データに対して、階調変換処理前に必要な画像処理を施す。この前処理部211での処理後の入力画像データは、ヒストグラム生成部214とメモリ212のそれぞれに供給され、ヒストグラム生成部214以降の処理部による動作と、メモリ212以降の処理部による動作との2つの動作に用いられる。

【0072】ヒストグラム生成部214は、前処理211からの入力画像データのヒストグラムを生成する。テーブル生成部215は、ヒストグラム生成部214にて生成されたヒストグラムを利用して、ヒストグラム均一化テーブル（階調変換テーブル）を生成する。

【0073】このとき、詳細は後述するが、メモリ217には、操作パネルからユーザによって選択された被写体202の部位に対応する目標画像データが記憶されている。また、メモリ218には、上記操作パネルからユーザによって調整された目標とする階調処理を行うための階調変換テーブルが記憶されている。

【0074】したがって、メモリ217内の目標画像データは、メモリ218内の階調変換テーブルを通過することで、理想的な階調を示す画像となって、ヒストグラム生成部219へ供給される。

【0075】ヒストグラム生成部219は、メモリ218からの目標画像データのヒストグラムを生成する。テーブル生成部220は、ヒストグラム生成部219にて生成されたヒストグラムを利用して、ヒストグラム均一化テーブル（階調変換テーブル）を生成する。逆関数発生部221は、テーブル生成部220にて生成された階調変換テーブルの逆関数を発生する。

【0076】合成部216は、テーブル生成部215にて生成された階調変換テーブル（入力画像のヒストグラムから生成された階調変換テーブル）と、逆関数発生部221にて発生された逆関数テーブル（目標画像のヒストグラムから生成された階調変換テーブルの逆関数のテーブル）とを合成する。フィッティング部222は、合成部216にて得られた合成変換テーブルを、低次の関数でフィッティングする。フィッティング部222での処理後の合成変換テーブルは、メモリ212へ記憶される。

【0077】したがって、前処理部211からメモリ212に対して出力される入力画像データは、そのメモリ212内の合成変換テーブルを通過することで、ユーザが所望する階調に変換され、画像処理部213へ供給される。

【0078】画像処理部213は、メモリ212からの入力画像データに対して、その他の任意の画像処理を施す。この処理後の入力画像データは、表示、保存、転送、或いはハードコピー等に利用される。

【0079】＜操作パネル及び表示機能の動作：上記図3参照＞

【0080】まず、ユーザは、例えば、階調変換処理条件を変更する場合、階調処理条件変更ボタン304を押下し、ボタン302（1）、302（2）、…、302（8）の中から、変更しようとする部位に対応するボタンを選択して押下する。

【0081】これにより、メモリ301（1）、301（2）、…、301（8）のうち、ユーザから選択されたボタンに対応するメモリ、すなわちユーザが変更しようとする部位に対応するメモリ内のオリジナル画像及び階調変換テーブルは、メモリ217及び218（上記図1参照）に対してそれぞれ読み出され、また、オリジナル画像305及び階調変換テーブル306として表示部310へ表示される。そして、ヒストグラム生成部220（上記図1参照）は、メモリ217内のオリジナル画像のヒストグラムを生成する。この生成されたヒストグラムが、ヒストグラム307として表示部310へ表示される。このとき、未だユーザからの階調変換テーブル306の変更は行われていないので、オリジナル画像305と同じ状態の画像が、変換後画像308として表示部310へ表示される。

【0082】次に、ユーザは、表示部310へ表示されたオリジナル画像305を確認しながら、階調変換テーブル306を会話的に変更する。

【0083】この階調変換テーブル306の変更に従って、メモリ218（上記図1参照）内の階調変換テーブルも変更される。これにより、メモリ217内のオリジナル画像は、メモリ218内の変更後の階調変換テーブルを通過することで、当該変更に基づく階調の画像となり、変換後画像308として表示部310へ表示される。また、ヒストグラム生成部220（上記図1参照）は、メモリ218を通過した階調変換後のオリジナル画像のヒストグラムを生成する。この生成されたヒストグラムは、ヒストグラム307として表示部310へ表示される。

【0084】そして、ユーザは、階調変換テーブル306の会話的な変更により、階調変換後画像308を、より自分に観察しやすい或いは好みにあった画像となるように調整し、この調整が終了すると、再び階調処理条件変更ボタン304を押下する。これにより、このときのメモリ218内の階調変換テーブルが、実際に処理に使用する目標画像の階調変換テーブルとして登録される。尚、階調変換テーブルの登録と共に、メモリ220内のヒストグラムそのものも登録するようにしても構わない。

【0085】上述のようにして、メモリ218内の階調変換テーブルが、目標画像の階調変換テーブルとして登録されると、その階調変換テーブルにおいて、＜X線撮影装置200の全体動作：上記図1参照＞にて説明したようなX線撮影装置200での処理が実行される。

【0086】図4は、上述のようなX線撮影装置200での階調変換処理をソフトウェアプログラムで実施するための、当該ソフトウェアプログラムの処理フローチャートを示したものである。

【0087】まず、ユーザは、操作パネル303のボタン302(1)、302(2)、…、302(8)により、被写体202の撮影する部位を選択する(ステップS401)。

【0088】ステップS401でのユーザからの選択操作により、メモリ301(1)、301(2)、…、301(8)のうち、上記選択ボタンに対応するメモリ内のオリジナル画像及び階調変換テーブルはそれぞれ読み出される(ステップS402)。これらのオリジナル画像及び階調変換テーブル、オリジナル画像305及び階調変換テーブル306として表示部310へ表示される。

【0089】次に、ステップS402にて読み出された階調変換テーブルにより、同ステップにて読み出されたオリジナル画像を階調変換した後の画像のヒストグラムを生成する(ステップS403)。このステップS403にて生成されたヒストグラムは、ヒストグラム307として表示部310へ表示される。

【0090】そして、ユーザからの階調変換テーブルの調整操作が行われると、その調整操作に従って、表示部310での階調変換テーブル306、ヒストグラム307、及び変換後画像308が変更されて表示される。

【0091】次に、ユーザが上記調整操作を終了すると、この時点でステップS403にて生成されたヒストグラムを均一化するための変換変換テーブルを作成する(ステップS404)。

【0092】次に、ステップS404にて作成された階調変換テーブルの逆関数テーブルを作成する(ステップS405)。

【0093】一方、X線撮影により、被写体の撮影画像データ(入力画像データ)を取得する(ステップS406)。

【0094】次に、ステップS406にて取得された入力画像データのヒストグラムを生成する(ステップS407)。

【0095】次に、ステップS407にて生成されたヒストグラムを均一化するための階調変換テーブルを作成する(ステップS408)。

【0096】ステップS401～S408の処理が終了すると、ステップS405にて得られた逆関数テーブルと、ステップS408にて得られた階調変換テーブルと

を合成して、合成変換テーブルを生成する(ステップS409)。

【0097】そして、ステップS409にて得られた合成変換テーブルを、低次の関数でフィッティングし(ステップS410)、そのフィッティング後の合成変換テーブルを用いて、ステップS406にて得られた入力画像データに対して階調変換処理を施す(ステップS411)。

【0098】尚、ヒストグラム均一化の階調変換テーブルを作成する場合、対象画像の背景情報等の無効な部分の情報をヒストグラム中から削除或いは無視するようにしてもよい。

【0099】(第3の実施の形態)まず、画像全体の見え具合は、そのヒストグラムを、目標とするヒストグラムへ近似させることでほぼ達成されるが、医用画像ではさらに、特定の部分の画素値(濃度値)を固定して、安定した診断能を達成することが望まれる。

【0100】そこで、本実施の形態では、本発明を、図5に示すようなX線撮影装置500へ適用する。このX線撮影装置500は、上記図2のX線撮影装置200と同様の構成としているが、X線撮影装置200が備える構成要件に対して、特に、画素値情報抽出部523をさらに設けた構成としたことが異なる。

【0101】尚、上記図5のX線撮影装置500において、上記図2のX線撮影装置200と同様に動作する箇所には同じ符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0102】すなわち、本実施の形態でのX線撮影装置500では、上記図3に示したメモリ301(1)、301(2)、…、301(8)に対して、対象部位の階調処理の目標とする画像(オリジナル画像)、及びその理想的な階調変換テーブルをファイリングすると共に、対象部位の濃度値(最終画素値)としての規定既定値 $\{y(j); = 0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数} \}$ をもファイリングしておく。

【0103】したがって、操作パネル303によりユーザから撮影部位が選択されると、その選択に対応したメモリからは、オリジナル画像、階調変換テーブル、及び規定既定値 $\{y(j); = 0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数} \}$ が読み出されることになる。

【0104】画素値情報抽出部523は、前処理部211での処理後の入力画像データから、規定の部分の画素値(単数又は複数の画素値) $\{x(j); = 0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数} \}$ を抽出する。画素値情報抽出部523での画素値の抽出法としては、例えば、対象画像中の規定の位置の画素値を抽出する方法、対象画像中の規定の位置の画素周辺の画素値の平均値を抽出する方法、対象画像そのものを解析して対象画像における被写体領域の形状から特定の部分を検出し、その位置の画素値又はその周辺の画素値の平均値を抽出する方法等がある。

【0105】フィッティング部222は、第2の実施の形態では、低次の関数にフィッティングする処理部であったが、本実施の形態では、画素値情報抽出部523にて得られた画素値（単数又は複数の画素値） $\{x(j); j=0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数}\}$ に対して、ユーザの撮影部位の選択時に読み出された上記規定既定値 $\{y(j); j=0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数}\}$ が対応するという拘束条件を持ってフィッティングを行う。

【0106】図6は、本実施の形態におけるフィッティング部222でのフィッティングの様子を示したものである。この図6に示すように、 $n=2$ とした場合（2点の画素の濃度を合わせる場合）、合成部216により得られた合成変換テーブルの関数602は、低次の関数601でフィッティングされるが、このとき、拘束条件として、 $x(1)$ に対しては $y(1)$ 、 $x(2)$ に対しては $y(2)$ の値となるようにフィッティングされる。尚、関数のパラメータとしては少なくとも2個以上必要である。

【0107】上述のようなX線撮影装置500での階調変換処理をソフトウェアプログラムで実施するための、当該ソフトウェアプログラムの処理フローチャートは、図7に示すようになる。すなわち、上記図4に示したフローチャートに対して、ステップS406にて得られた入力画像データ規定の部分の画素値（単数又は複数の画素値） $\{x(j); j=0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数}\}$ を抽出するステップS700が追加され、ステップS410でのフィッティング処理では、ステップS700にて得られた画素値（単数又は複数の画素値） $\{x(j); j=0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数}\}$ に対して、

ステップS401でのユーザの撮影部位の選択時に読み出された上記規定既定値 $\{y(j); j=0, \dots, n; n \text{ は } 1 \text{ 以上の整数}\}$ が対応するという拘束条件を持ってフィッティングを行う。

【0108】尚、本発明の目的は、第1～第3の実施の形態のホスト及び端末の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（又はCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読みだして実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が第1～第3の実施の形態の機能を実現することとなり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することとなる。プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、ROM、フロッピーディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード等を用いることができる。また、コンピュータが読みだしたプログラムコードを実行することにより、第1～第3の実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの

指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって第1～第3の実施の形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された拡張機能ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって第1～第3の実施の形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0109】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、所定の階調変換が施された画像（代表的な目標画像等）を階調変換の指標とし、入力画像のヒストグラムを、低次の関数での階調変換特性等によって、所定の階調変換が施された画像のヒストグラムに近似させるように構成したので、安定且つ所望する階調変換を容易に実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態において、本発明を適用した画像処理方法（階調変換処理方法）を説明するための図である。

【図2】第2の実施の形態において、本発明を適用したX線撮影装置の構成を示すブロック図である。

【図3】上記X線撮影装置の操作パネル及び表示部の構成を説明するための図である。

【図4】上記X線撮影装置の動作をソフトウェアプログラムで実施するための当該ソフトウェアプログラムでの処理を説明するためのフローチャートである。

【図5】第3の実施の形態において、本発明を適用したX線撮影装置の構成を示すブロック図である。

【図6】上記X線撮影装置でのフィッティング処理を説明するための図である。

【図7】上記X線撮影装置の動作をソフトウェアプログラムで実施するための当該ソフトウェアプログラムでの処理を説明するためのフローチャートである。

【図8】従来のフィルムによる階調特性を説明するための図である。

【図9】X線デジタル画像の階調変換を説明するための図である。

【図10】従来のX線撮影装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

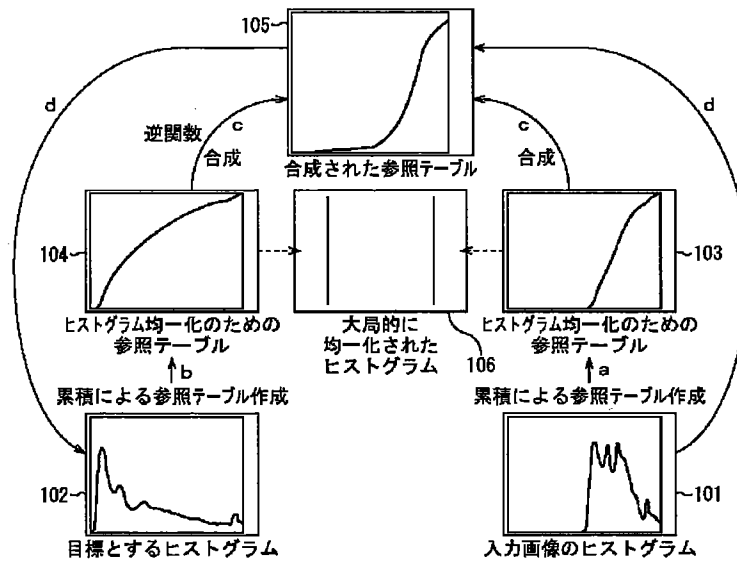
200 X線撮影装置
201 X線管球
202 被写体
203 X線センサパネル
204 コントローラ

205 アナログ／デジタル変換器
 206 メモリ
 207 変換器（対数変換器）
 208 メモリ（オフセット値）
 209 メモリ（ゲイン値）
 210 メモリ（X線の強度分布画像データ）
 211 前処理部
 212 メモリ（階調変換テーブル）
 213 画像処理部
 214 ヒストグラム生成部

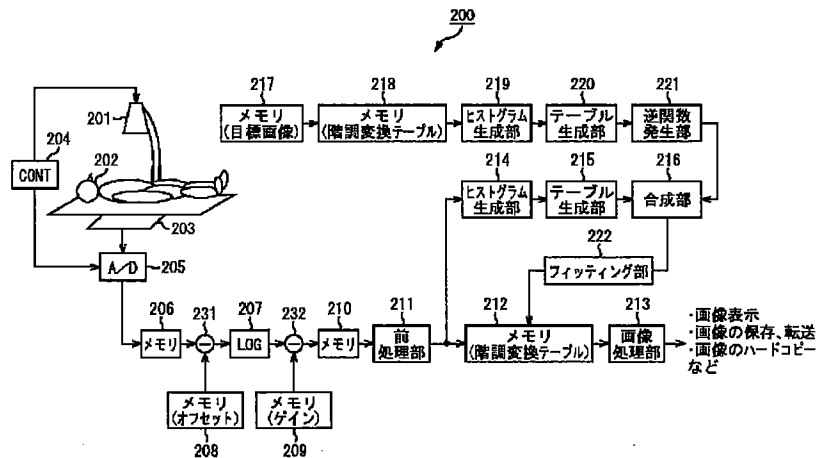
* 215 テーブル生成部
 216 合成部
 217 メモリ（目標画像）
 218 メモリ（目標階調変換テーブル）
 219 ヒストグラム生成部
 220 テーブル生成部
 221 逆関数発生部
 222 フィッティング部
 231, 232 減算器

*10

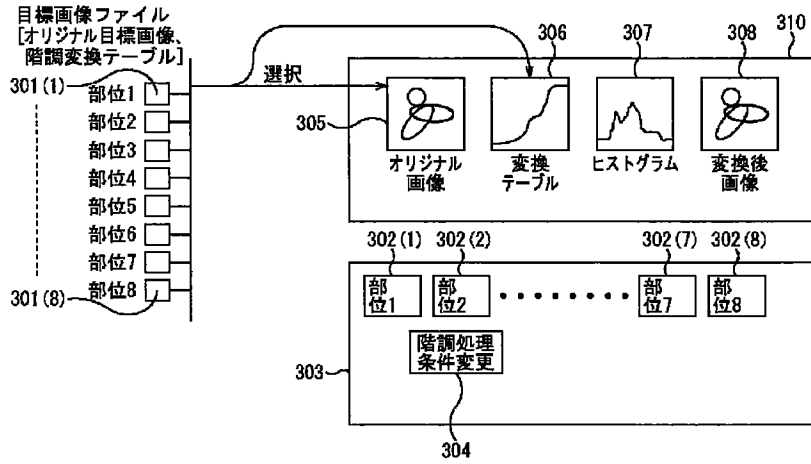
【図1】



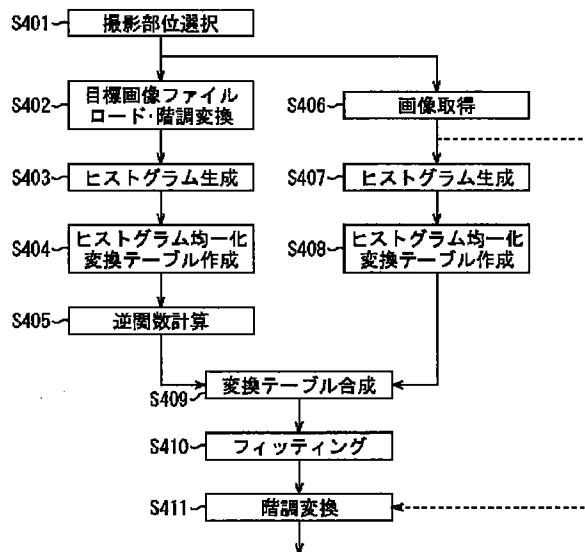
【図2】



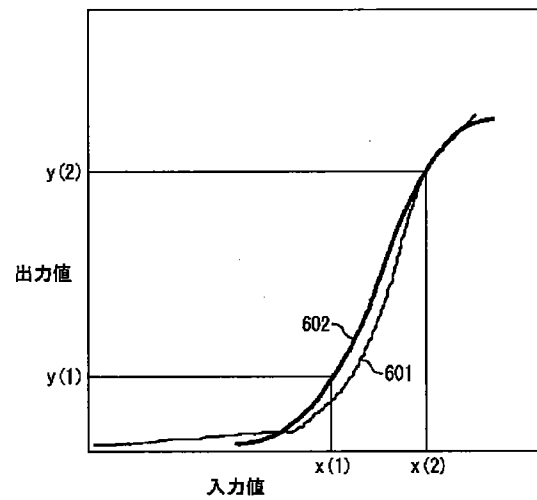
【図3】



【図4】

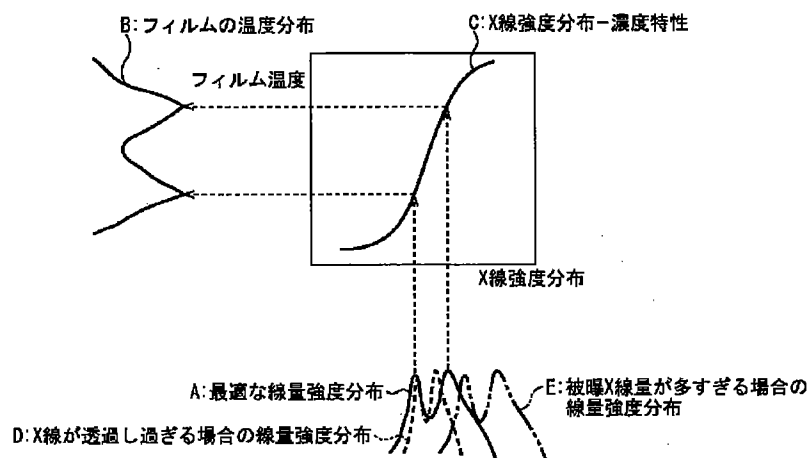


【図6】

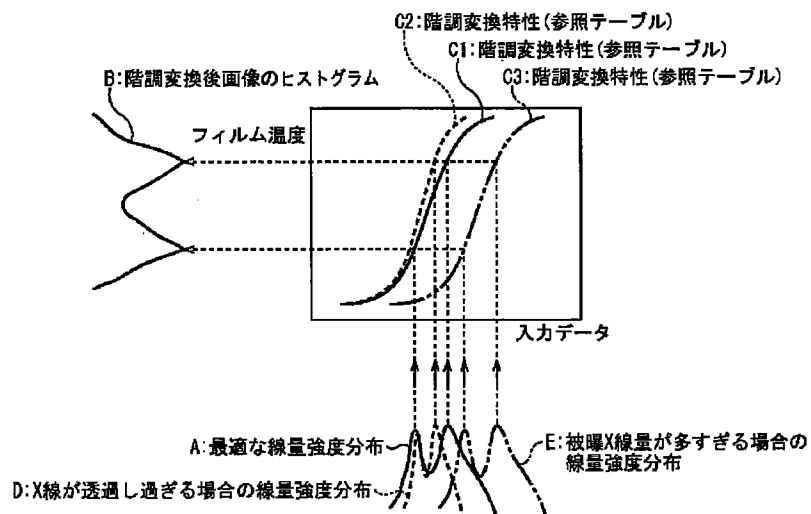




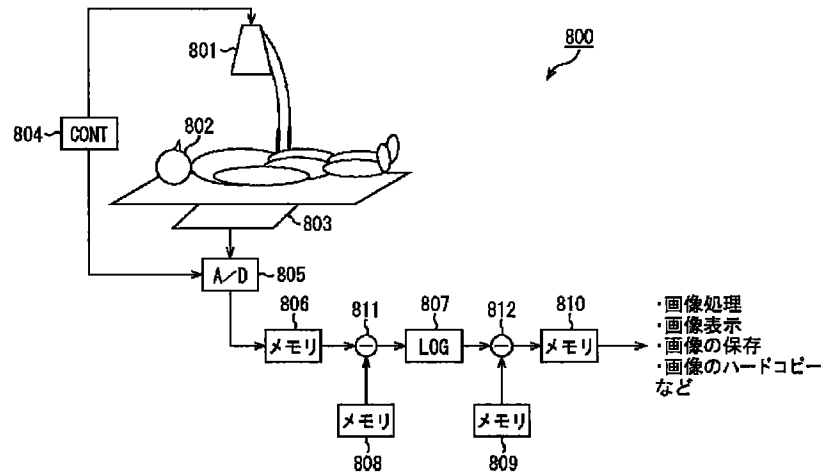
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C093 CA04 CA09 FD03 FD08 FD13
 FF08
 5B057 AA08 BA03 BA26 CA02 CA08
 CA12 CA16 CB02 CB08 CB12
 CB16 CE11 CH07 CH08 CH18
 DA16 DA17 DC19 DC32
 5C077 LL16 LL18 LL19 PP15 PQ12
 PQ19 PQ22 PQ23